

**Новосибирский техникум железнодорожного транспорта-
структурное подразделение федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Сибирский государственный университет путей сообщения»**

ЗАОЧНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Реферат

Дисциплина

Ф.И.О преподавателя

Ф.И.О. студента

Группа

Шифр

Новосибирск
2023г.

Вибраторы. Мультивибраторы.

Для получения колебаний, характеризующихся участками со скачкообразными изменениями напряжений и токов (так называемых “разрывных колебаний”), применяются релаксационные генераторы или релаксаторы. Релаксаторы, как и триггеры, относятся к классу спусковых устройств и основаны на применении усилителей с кольцом положительной обратной связи или приборов с отрицательным сопротивлением. В отличие от триггеров, имеющих два устойчивых состояния, генераторы релаксационного типа имеют максимум одно устойчивое состояние.

Мультивибратор - генератор прямоугольных импульсов релаксационного типа с резистивно - емкостными положительными обратными связями, использующий замкнутый в кольцо положительной обратной связи двухкаскадный усилитель.

Мультивибратор может работать в одном из трех режимов: автоколебательном, характеризующимся отсутствием устойчивых состояний; существуют два чередующихся во времени состояния квазиравновесия;

ждушем, при котором существует одно устойчивое состояние и одно состояние квазиравновесия. Переход от устойчивого состояния в состояние квазиравновесия происходит под воздействием внешних запускающих импульсов, а момент возвращения в устойчивое состояние определяется параметрами времязадающей цепи (временем релаксации). Таким образом, на один импульс внешнего воздействия ждущий мультивибратор вырабатывает один импульс заданной длительности;

синхронизации. В этом режиме на мультивибратор воздействует внешнее синхронизирующее напряжение. При этом режиме существуют два чередующихся состояния квазиравновесия, но период колебаний равен или кратен периоду синхронизирующего воздействия.

Мультивибраторы применяются в качестве задающих генераторов, расширителей импульсов, делителей частоты.

Если в триггерных устройствах начальное развитие регенеративного процесса, обеспечивающего формирование крутых перепадов, напряжения, вызывается внешними импульсами управления, то в мультивибраторах этот процесс развивается автоматически благодаря наличию времязадающих (хронирующих) элементов, которыми обычно являются RC-цепочки. Разумеется, что в том и другом случаях генераторное устройство представляет собой усилительное звено того или иного типа, охваченное положительной обратной связью. Таким образом, мультивибратор представляет собой релаксационный автогенератор напряжения прямоугольной формы. Термин «автогенератор» означает, что он генерирует незатухающие колебания без какого-либо запуска извне и не имеет устойчивых состояний равновесия. Релаксационный характер колебаний выходного напряжения указывает на то, что условия самовозбуждения выполняются в широком диапазоне частот.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МУЛЬТИВИБРАТОРОВ

При проектировании мультивибраторов в качестве элементной базы используют биполярные, полевые и однопереходные транзисторы, а также аналоговые и цифровые интегральные микросхемы. Последними чаще всего являются операционные усилители и логические элементы. Полупроводниковые приборы в мультивибраторах работают в ключевом режиме.

При работе мультивибратора в режиме автоколебаний вырабатываются периодически повторяющиеся импульсы прямоугольной формы. Частота генерируемых импульсов определяется параметрами времязадающей цепи, свойствами схемы и режимом ее питания. На частоту автоколебаний оказывает также влияние подключаемая нагрузка. Обычно мультивибратор применяется в качестве генератора импульсов относительно большой длительности, которые затем используются для формирования импульсов необходимой длительности и амплитуды.

Таким образом, мультивибраторы, работающие в автоколебательном режиме, применяются чаще всего в качестве задающих генераторов. Поэтому к ним предъявляются требования высокой стабильности частоты, которая, однако, может быть достигнута только применением специальных мер по стабилизации частоты периодической последовательности импульсов. Обычно относительная нестабильность частоты при воздействии различных дестабилизирующих факторов составляет несколько процентов.

Мультивибраторы могут также работать в ждущем режиме и режиме синхронизации.

В ждущем режиме мультивибратор имеет одно состояние устойчивого равновесия. При воздействии запускающего импульса мультивибратор вырабатывает один прямоугольный импульс, после чего возвращается в состояние устойчивого равновесия. Требования, предъявляемые к ждущим мультивибраторам, аналогичны требованиям к триггерам.

В режиме синхронизации на мультивибратор воздействует внешнее периодическое напряжение часто синусоидальной формы. При этом частота периодической последовательности прямоугольных импульсов, генерируемых мультивибратором, равна или в целое число раз меньше частоты синхронизирующего напряжения. При снятии синхронизирующего напряжения мультивибратор продолжает работать в автоколебательном режиме.

В настоящей главе рассматриваются автоколебательные мультивибраторы.

17.2. МУЛЬТИВИБРАТОРЫ НА БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРАХ

Мультивибраторы на биполярных транзисторах наиболее часто выполняют по симметричной схеме с коллекторно-базовыми связями (рис. 17.1,а). Как и для триггера, симметричность означает идентичность симметрично расположенных элементов, т. е. $R_{K1}=R_{K2}$, $R_{B1}=R_{B2}$, $C_{B1}=C_{B2}$, параметры транзисторов одинаковы. Как видно из рисунка, мультивибратор состоит из двух усилительных каскадов с ОЭ, выходное напряжение каждого из

которых подается на вход другого. В схеме мультивибратора использованы транзисторы *p-n-p*-типа.

При подсоединении схемы к источнику питания E_k оба транзистора пропускают коллекторные токи (их рабочие точки находятся в активной области 3, см. рис. 3.10, а), поскольку на базы через резисторы R_{B1} и R_{B2} подается отрицательное смещение. Однако такое состояние схемы неустойчивое. Из-за наличия в схеме положительной обратной связи выполняется условие $\beta K_y > 1$ и двухкаскадный усилитель самовозбуждается. Начинается процесс регенерации — быстрое увеличение тока одного транзистора и уменьшение тока другого транзистора.

Пусть в результате любого случайного изменения напряжений на базах или коллекторах несколько увеличится ток I_{K1} транзистора VT1. При этом увеличится падение напряжения на резисторе R_{K1} и коллектор транзистора VT1 получит приращение положительного потенциала. Поскольку напряжение на конденсаторе C_{B1} не может мгновенно измениться, это приращение прикладывается к базе транзистора VT2,

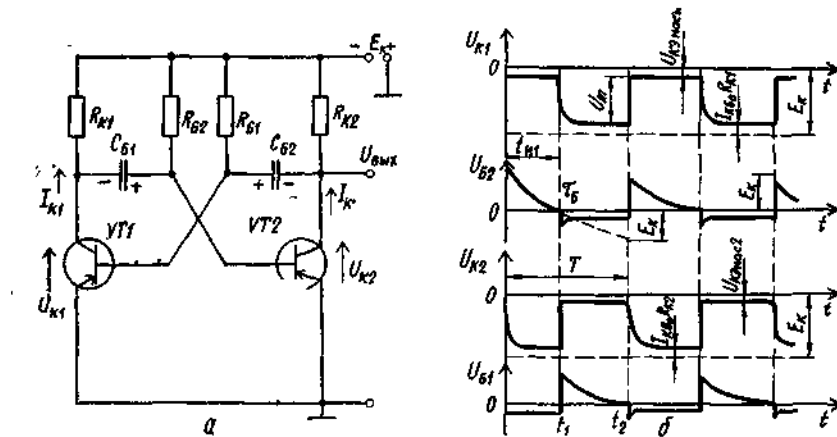


Рис. 17.1. Симметричный мультивибратор на биполярных транзисторах:
а — схема; б — временные диаграммы

подзапирая его. Коллекторный ток I_{K2} при этом уменьшается, напряжение на коллекторе транзистора VT2 становится более отрицательным и, передаваясь через конденсатор C_{B2} на базу транзистора VT1, еще больше открывает его, увеличивая ток I_{K1} . Этот процесс протекает лавинообразно и заканчивается тем, что транзистор VT1 входит в режим насыщения, а транзистор VT2 — в режим отсечки. Схема переходит в одно из своих временно устойчивых состояний равновесия (квазиустойчивое состояние). При этом открытое состояние транзистора VT1 обеспечивается смещением от источника питания E_k через резистор R_{B1} , а запертое состояние транзистора VT2 — положительным напряжением на конденсаторе C_{B1} ($U_{C_{B1}} = U_{B2} > 0$), который через открытый транзистор VT1 включен в промежуток база — эмиттер транзистора VT2.

На временных диаграммах рис. 17.1, б описанные процессы соответствуют моменту времени $t = 0$. Теперь конденсатор C_{B2} быстро заряжается по цепи $+E_k$ — эмиттер — база транзистора VT1 — C_{B2} — R_{K2} —

E_K до напряжения E_K . Конденсатор C_{B1} заряженный в предыдущий период, перезаряжается через резистор R_{B2} и открытый транзистор $VT1$ током источника питания E_K и напряжение на нем стремится уменьшиться до $-E_K$ (см. график для U_{B2}). В момент времени t_1 напряжение $U_{C_{B1}} = U_{B2}$ меняет знак, что вызывает отпирание транзистора $VT2$ и появление I_{K2} . Увеличение тока I_{K2} приводит к процессу, аналогичному описанному ранее при увеличении тока I_{K1} . В результате транзистор $VT2$ входит в режим насыщения, а транзистор $VT1$ — в режим отсечки (второе временно устойчивое состояние равновесия). В промежутке времени $t_x - t_2$ происходит заряд конденсатора C_{B1} и перезаряд конденсатора C_{B2} .

Таким образом, переходя периодически из одного временно устойчивого состояния равновесия в другое, мультивибратор, формирует выходное напряжение, снимаемое с коллектора любого транзистора, почти прямоугольной формы.

Схема автоколебательного мультивибратора приведена на рис.33а. Он состоит из инвертирующего триггера Шмитта, охваченного отрицательной обратной связью с помощью интегрирующей RC-цепочки.

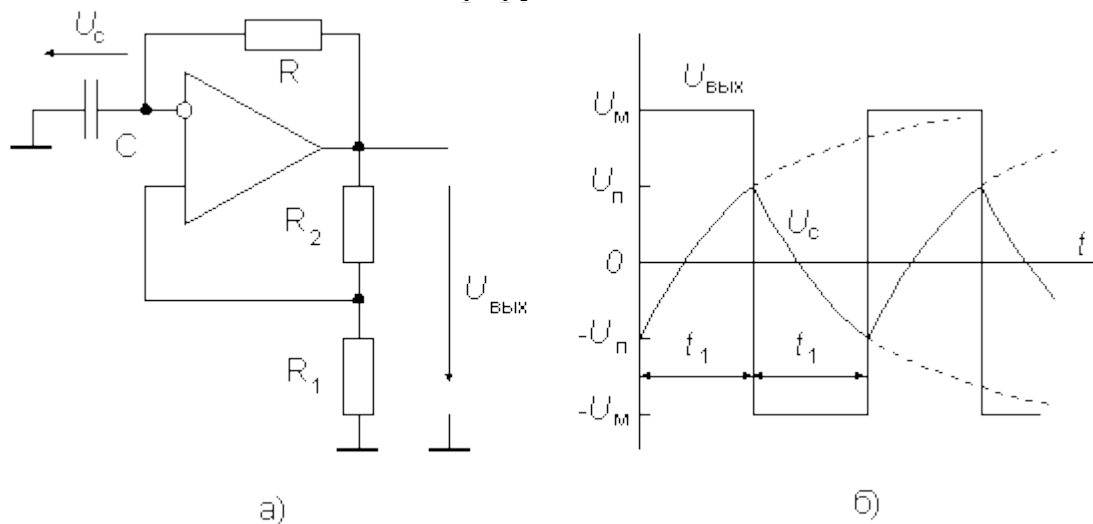


Рис. 33. Схема мультивибратора (а) и временная диаграмма его работы (б)

Когда напряжение u_C достигает порога срабатывания триггера Шмитта, схема переключается и ее выходное напряжение скачком принимает противоположное значение. При этом конденсатор начинает перезаряжаться в противоположном направлении, пока его напряжение не достигнет другого порога срабатывания. Схема переключается в первоначальное состояние (рис. 33б).

Анализ схемы мультивибратора позволяет записать дифференциальное уравнение:

$$\frac{du_C}{dt} = \pm \frac{U_M - u_C}{RC} \quad (38)$$

При начальных условиях $u_C(0) = -U_n$ решение этого уравнения имеет вид:

$$u_c(t) = U_M - (U_M + U_{\text{п}})e^{-t/RC}$$

Значение напряжения, равное порогу срабатывания триггера Шмитта (условие $u_c(t)=U_{\text{п}}$), будет достигнуто спустя время

$$t_1 = RC \ln[1 + 2R_1/R_2].$$

Период колебаний мультивибратора, таким образом, равен

$$T = 2t_1 = 2RC \ln[1 + 2R_1/R_2]. \quad (39)$$

Как видно из последней формулы, период колебаний мультивибратора не зависит от напряжения U_M , которое, в свою очередь определяется напряжением питания $U_{\text{пит}}$. Поэтому частота колебаний мультивибратора на ОУ мало зависит от питающего напряжения.

Еще одной распространённой схемой генераторов на логических элементах является схема мультивибратора. В этой схеме для реализации положительной обратной связи используется два инвертора. Каждый из усилителей осуществляет поворот фазы генерируемого сигнала на 180° . В результате реализуется баланс фаз. Схема мультивибратора приведена на рисунке 1.

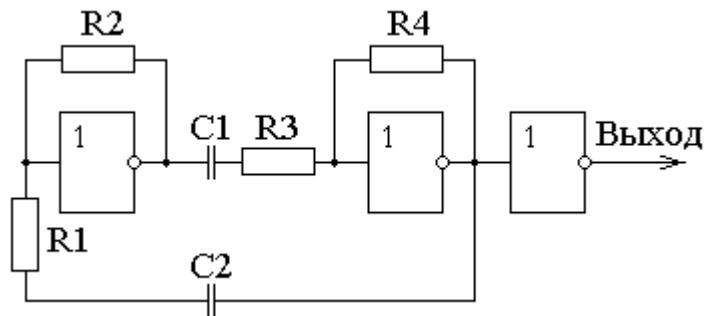


Рисунок 1. Схема мультивибратора, выполненная на двух логических инверторах.

Коэффициент усиления каждого из усилителей определяется соотношением резисторов R_2/R_1 и R_4/R_3 . В этой схеме возможна независимая регулировка частоты и скважности генерируемых колебаний. Длительность импульсов и длительность паузы между импульсами регулируется независимо при помощи RC цепочек $R_1 C_2$ и $R_3 C_1$. Период следования импульсов T определяется как сумма двух времен заряда конденсаторов:

$$T = t_{\text{зар}_1} + t_{\text{зар}_2},$$

$$\text{где } t_{\text{зар}_1} = R_2 C_2 \ln(U^1/U_{\text{пор}}); t_{\text{зар}_2} = R_4 C_1 \ln(U^1/U_{\text{пор}}).$$

Если скважность генерируемых колебаний не важна, то можно упростить схему мультивибратора, использовав второй инвертор по прямому назначению. Так как при реализации схемы генератора нас интересует максимальный петлевой коэффициент усиления, то последовательный резистор мы тоже можем исключить. Для обеспечения автоматического

запуска генератора в схеме остается резистор, включенный с выхода на вход первого инвертора. В этом случае схема мультивибратора примет вид, показанный на рисунке 2.

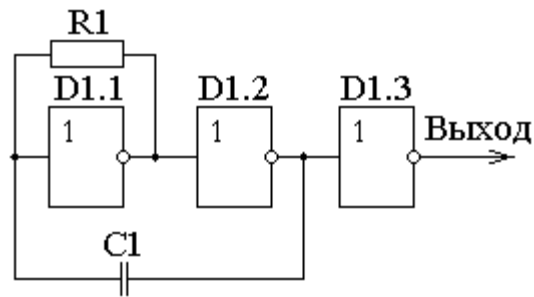


Рисунок 2 – Упрощённая схема мультивибратора.

В этой схеме возможно задавать только частоту генерируемых импульсов. Она будет определяться произведением $R1 \cdot C1$. Скважность генерируемых импульсов будет зависеть только от соотношения токов нуля и единицы выбранного логического элемента.

Период T импульсов, вырабатываемых мультивибратором, определяется в первом приближении постоянной времени $t = RC$ ($T = a t$, где a обычно имеет значение $1...2$). Частоту следования импульсов можно оценить (с точностью до 10 %) из выражения $f = 1/2RC$.

Достаточно часто требуется получить генератор, выходная частота которого могла бы изменяться в достаточно широких пределах. В этом случае в качестве частотозадающего элемента в генераторе может быть использован элемент с изменяемыми параметрами, например варикап или полевой транзистор. Схема такого генератора, управляемого напряжением, приведена на рисунке 7.

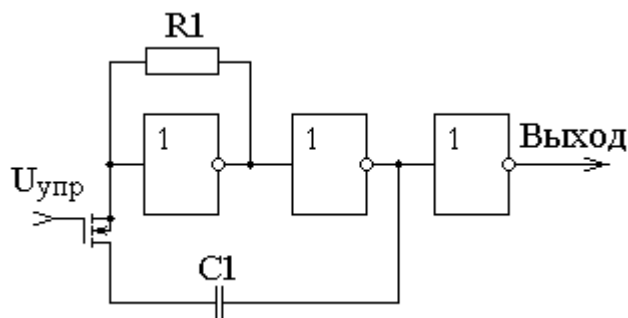


Рисунок 7. Схема генератора, управляемого напряжением.

Учитывая, что сопротивление полевого транзистора может изменяться в пределах от 10 Ом до 10 МОм, генерируемая частота тоже может изменяться в десятки и сотни раз. Однако следует учесть, что такой генератор может быть использован только в цифровых схемах, так как его спектральные характеристики оставляют желать лучшего. Обычно такая схема используется в цепях умножения частоты внутри цифровых микросхем повышенной производительности. Примером специализированных микросхем - генераторов могут служить микросхемы 531ГГ1 и 564ГГ1.

В схеме на мультивибраторе можно использовать и кварцевую

стабилизацию частоты. Для этого нужно кварцевый резонатор включить в цепь обратной связи. Схема мультивибратора с кварцевой стабилизацией частоты приведена на рисунке 8.

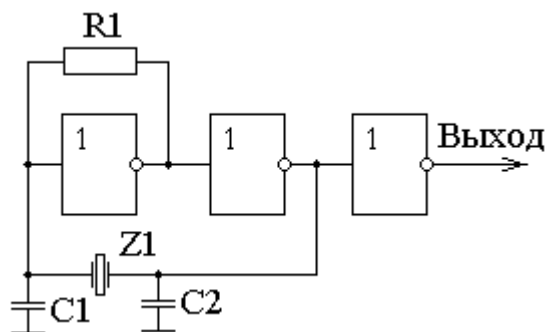


Рисунок 8. Схема мультивибратора с кварцевой стабилизацией частоты.

При применении такой схемы кварцевого генератора следует учитывать, что кварцевый резонатор в ней работает на частоте последовательного резонанса, которая отличается от частоты параллельного резонанса, используемого в осцилляторной схеме генератора.